UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

ANNÉE 1950 Numéro 127

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES EAUX MINÉRALES DE BÉDEILLE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ

(Mention PHARMACIE)

présentée et soutenue publiquement en Juillet 1950

par

Bernard VIGNAUX

PHARMACIEN

MEMBRES DU JURY

MM. BRUSTIER ..... Président

DELAS ..... } Assesseurs

BLANC ..... } Assesseurs

AUVERGNAT . } Assesseurs

ASTRE ..... Suppléant

IMPRIMERIE DU COMMERCE

10, rue Croix-Baragnon

TOULOUSE

—

1950

UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

ANNÉE 1950 Numéro 127

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES EAUX MINÉRALES DE BÉDEILLE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ

(Mention PHARMACIE)

présentée et soutenue publiquement en Juillet 1950

par

Bernard VIGNAUX

PHARMACIEN

MEMBRES DU JURY

MM. BRUSTIER .... Président

DELAS ..... } Assesseurs

BLANC ..... } Assesseurs

AUVERGNAT .. } Assesseurs

ASTRE ..... Suppléant

IMPRIMERIE DU COMMERCE

10, rue Croix-Baragnon, Toulouse

—

1950

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE :

MONSIEUR LE PROFESSEUR BRUSTIER

Professeur de Chimie et de Toxicologie,
Inspecteur Principal des Pharmacies,
Officier de la Légion d'honneur.

Sincères et respectueux remerciements pour nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

À NOTRE JURY DE THÈSE :

MONSIEUR LE PROFESSEUR DELAS

Professeur d'Histoire Naturelle,
Chevalier de la Légion d'honneur.

Qui nous a guidé tout au long de notre étude physiologique.

En témoignage de notre profonde et respectueuse gratitude.

MONSIEUR LE PROFESSEUR BLANC

Maître de Conférences Agrégé,
Pharmacien-Chef du Centre Hospitalier Régional de Toulouse.

Qui nous a prodigué ses judicieux conseils tout au long de notre travail.

MONSIEUR LE PROFESSEUR AUVERGNAT

Maître de Conférences Agrégé.

Qui nous a accueilli dans son laboratoire et a constamment guidé nos recherches. En témoignage de notre profonde gratitude et de notre respectueux attachement.

MONSIEUR ASTRE

Maître de Recherches au C. N. R. S.
Directeur du Muséum d'Histoire Naturelle,
Chargé du Cours d'Hydrologie et de Géologie
à la Faculté de Médecine et de Pharmacie.

Hommage de respectueuse reconnaissance.

A MONSIEUR STANISLAS

Chef de Travaux d'Histoire Naturelle.

A NOTRE AMI PAUL BERTRAND

Assistant de Chimie.

A P. VEREZ

En remerciement de l'aide qu'ils nous ont apportée.

A MONSIEUR SOUMET

Qui n'est pas étranger au choix de notre sujet de thèse.

A NOS MAITRES
DE LA FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
DE TOULOUSE

INTRODUCTION

A côté des grandes stations thermales au renom bien établi, il existe une foule de stations secondaires dont les sources possèdent néanmoins des propriétés intéressantes. Notre attention a été retenue par Bédeille, petit village ariégeois, dont les eaux depuis plus d'un siècle ont apporté à de nombreux malades sinon la guérison du moins l'atténuation de leurs maux.

A ce jour l'empirisme seul ayant présidé aux destinées de la source, nous avons jugé utile d'apporter notre contribution à l'étude de ses eaux.

Dans une première partie nous nous sommes attaché à établir l'historique de la source que nous avons fait suivre d'une brève description de l'établissement thermal; nous avons ensuite envisagé la géologie et la climatologie de la région. L'analyse bactériologique, l'analyse chimique, les mesures physiques et l'étude physiologique constituent la deuxième partie de notre travail.

HISTORIQUE DE LA SOURCE

Si certaines stations thermales jouissent d'une grande vogue par la vertu de leurs sources et par le confort et les distractions nombreuses qu'elles dispensent à leurs habitués, il en est une dont les mérites ne sont connus que de quelques rares initiés : Bédeille.

Situé à quelques 15 kilomètres de Cazères, en terre ariégeoise, le petit village auquel nous accédons par Rieux, Montesquieu, Sainte-Croix-Volvestre et Fabas nous offre un avant-goût de son indigence par les deux kilomètres de côte abrupte et en très mauvais état qui nous permettent de l'aborder.

Laissons la petite agglomération à notre gauche : un chemin à peine carrossable nous conduit à l'établissement thermal que nous décrirons par ailleurs.

Une visite au village nous convaincra de la ferme croyance en la vertu des eaux exprimée par tous ceux que nous interrogeons. Et les éléments concordants de nos conversations, d'authentiques documents obligeamment communiqués par la Préfecture de l'Ariège nous permettent de brosser sommairement, mais avec précision, l'historique des bains de Bédeille.

Aux environs de 1835 vivait dans la commune, sur l'emplacement actuel de la source, un paysan perclus de rhumatismes. Il se résolut à consulter un médecin de la

région qui lui conseilla un séjour à Ax-les-Thermes, station déjà réputée. A cette époque les voyages étaient longs, difficiles et onéreux et le malade ne tint aucun compte des conseils du praticien. « Pourquoi la source qui jaillit dans ma propriété ne me ferait-elle pas autant de bien ? » pensa-t-il. Il en recueillit l'eau, la fit chauffer et s'y baigna. Il renouvela l'opération pendant une quinzaine de jours et se trouva très soulagé par cette cure improvisée. Un rhumatisant des environs eut vent de la guérison et vint solliciter l'autorisation de suivre le même traitement. La permission fut accordée : lui aussi se déclara enchanté de l'efficacité des eaux.

La nouvelle de ces deux guérisons quasi-miraculeuses se propagea dans la contrée. Les malades vinrent de plus en plus nombreux demander aux eaux de Bédeille la disparition ou tout au moins l'atténuation de leurs souffrances et les résultats furent des plus encourageants. La station thermale était née.

Ses origines, ainsi relatées, appartiennent-elles au domaine d'une légende brodée alors qu'elle commençait à jouir déjà d'un certain renom ? Elles nous apparaissent, quant à nous, très vraisemblables et les témoignages des habitants sont formels à cet égard. Quoi qu'il en soit, il faut arriver en 1869 pour trouver les premiers documents officiels relatifs à la source.

Le 18 mars de cette même année, l'ingénieur des Mines appuie en ces termes une demande de secours présentée par le sieur Grand Michel, Propriétaire d'une source minérale à Bédeille (Canton de Sainte-Croix-Volvestre) :

« Par pli adressé au Préfet de l'Ariège en date du 6 janvier 1869, le sieur Grand Michel cordonnier à Bédeille, canton de Sainte-Croix expose qu'il existe depuis

plus de 30 ans, un établissement de bains thermaux dont il est le propriétaire, que l'analyse des eaux qui l'alimentent n'a pas encore été faite, ses moyens pécuniaires ne lui permettant pas d'en supporter les frais et il s'adresse à M. le Préfet pour obtenir :

1. Les moyens nécessaires pour effectuer l'analyse de ces eaux;

2. Ceux nécessaires pour mettre en état le chemin de petite vicinalité qui conduit à son établissement. Il pense que la longueur à réparer n'excède pas 300 mètres et que la dépense ne dépassera pas 500 francs.

Il résulte de ma visite dés lieux faite récemment que dans la commune de Bédeille, un peu au Sud-Ouest du hameau de Bourgaize, sort d'une masse de calcaire une source minérale utilisée depuis de longues années dans un petit établissement de bains comprenant trois cabinets et quatre baignoires, où se rendent les pauvres des environs. Dans le courant de l'exercice dernier on aurait reçu d'après les renseignements donnés par le pétitionnaire, près de 95 personnes ayant séjourné sur les lieux de 5 à 10 jours chacune. L'eau prise en bains et boisson est presque froide. N'ayant pas de thermomètre sur les lieux je ne peux pas préciser la température exacte qui est de 13 à 16 degrés. L'eau des bains est chauffée et chaque bain est composé partie d'eau minérale naturelle froide, partie d'eau minérale chauffée dans une chaudière ordinaire découverte. Au dire du pétitionnaire, prise en boisson, l'eau est purgative; en bains elle est utilisée dans les affections rhumatismales et pour les maladies nerveuses. Cette source paraît avoir des analogies avec l'eau minérale de Foncirgue qui sourd dans les mêmes conditions géologiques. Elle peut contenir des éléments analogues, beaucoup de matières organiques, des sulfates et carbonates calcai-

res. Un peu de rouille se dépose au robinet de vidange. Une analyse exacte peut seule donner des résultats précis. Il serait de l'intérêt d'obtenir une analyse faite par M. Filhol, Chimiste expérimenté, qui s'est occupé de l'analyse de presque toutes les eaux minérales des Pyrénées. Cela donnerait à l'établissement de Bédeille un relief tout spécial. Quant aux frais nécessités par cette opération, qui sans doute ne dépassent pas 200 francs, si l'administration a quelques ressources sur les fonds accordés chaque année aux Etablissements Thermaux, il y aurait lieu d'accorder une subvention. Le cas échéant si le pétitionnaire peut se contenter de l'analyse sommaire faite par mon laboratoire, je me mets à sa disposition.

Quant à l'amélioration du chemin vicinal cette question est du ressort de l'agent des chemins vicinaux et je ne puis rien préciser. »

Malgré ce rapport favorable la subvention n'est pas accordée.

Le sieur Grand Michel fait alors intervenir le Docteur Cantonal Claverie qui, le 20 juillet 1869, écrit au Préfet de l'Ariège dans les termes suivants :

Monsieur le Préfet,

J'ai l'honneur de vous informer que depuis 10 ans que j'habite la commune de Bédeille, j'ai vu tous les ans un grand nombre de personnes à notre petit établissement de bains thermaux. Presque toutes ces personnes étaient atteintes de douleurs rhumatismales et de maladies nerveuses: or, le plus grand nombre, qui étaient pour ainsi dire percluses de tous leurs membres, se sont retirées guéries ou bien soulagées. Il me serait très facile de citer ici un grand nombre de personnes du pays et des environs qui ont été radicalement guéries et qui doivent à nos eaux de Bédeille l'usage de leurs membres.

Ce serait donc rendre un grand service au pays que de donner toute la publicité possible aux cures étonnantes qu'elles ont faites; car aujourd'hui j'ose affirmer que les eaux de Bédeille sont les plus efficaces pour la guérison des rhumatismes et maladies nerveuses. En conséquence, Monsieur le Préfet, on vous conserverait une éternelle reconnaissance si vous vouliez nous prêter votre généreux et puissant concours pour que les eaux de Bédeille soient bientôt analysées. »

Le Maire de Bédeille intervient à son tour et déclare notamment dans sa lettre : « Quant aux propriétés des eaux il est de notoriété publique que plusieurs cures merveilleuses ont été obtenues. A mon avis les bains sont appelés à connaître un brillant avenir. »

Malgré ces demandes appuyées par d'aussi élogieuses attestations les crédits nécessaires ne sont pas accordés et Grand Michel doit se contenter d'une analyse sommaire effectuée par l'Ingénieur des Mines de Vicdessos. Par contre l'autorisation tacite d'exploiter la source permet l'inauguration officielle de la station thermale minérale de Bédeille en 1870.

Voici en quels termes elle est annoncée :

« Inauguration de la Station Thermo Minérale
de Bédeille
Saison Thermale de 1870
(du 15 mai au 15 octobre)

Les eaux Thermo Minérales de Bédeille dont l'emploi médical n'a pas encore reçu de consécration officielle ont eu depuis déjà 30 ans un lointain retentissement grâce aux vertus incontestables dont elles jouissent et aux cures remarquables qu'elles ont opérées. La science est venue à

son tour constater les merveilleuses propriétés de ces eaux et l'on peut dire aujourd'hui qu'elles jouissent de la plus grande efficacité contre les rhumatismes et rhumatalgies, contre les névroses et névralgies de toute nature, ainsi que contre les maladies organiques des viscères abdominaux notamment de l'utérus. Ces eaux combattent également avec avantage un grand nombre de maladies de la peau telles que l'acné, la pellagre, la lèpre, l'urticaire, le prurigo. Les eaux minérales qui, par leurs vertus multiples, tiennent des eaux minérales salines séléniteuses et des bicarbonatées calciques sont destinées à un avenir brillant. De grandes améliorations sont apportées tous les jours par le propriétaire en ce qui concerne l'aménagement des sources, l'installation des cabines et des appareils hydrothérapiques. Le service ne laissera rien à désirer et rien ne sera négligé par les gens attachés à l'établissement. On se rend à Bédeille par le chemin de fer du Midi et le voyageur peut s'arrêter à Cazères où il trouvera des voitures qui le transporteront à Bédeille distant de 15 kilomètres. La saison thermale ouvrira le 15 mai et sera terminée le 15 octobre. »

Dès lors, il semble que la station de Bédeille soit promise à un bel avenir. Les malades accourent, chaque année plus nombreux, attirés par des résultats qui confirment les espoirs mis en elle. Mais en 1876 le sieur Grand Michel est de nouveau en proie à de sérieuses difficultés administratives quant à l'autorisation d'exploiter sa source. Et, le 5 juillet, il s'adresse au Conseil d'Hygiène et de Salubrité publique de l'arrondissement de Saint-Girons qui déclare en sa séance du 24 novembre 1877 :

« Il n'y a aucun inconvénient à accorder au sieur Grand Michel l'autorisation qu'il sollicite attendu que cet établissement est exploité depuis longtemps et qu'en outre l'efficacité des eaux est reconnue incontestable. »

Suite à cette déclaration, le Préfet de l'Ariège intervient auprès du Ministre de l'Agriculture et du Commerce :

« Vu en date du 29 août et 3 septembre 1877 le rapport de M. l'Ingénieur des Mines sur l'analyse de ces eaux effectuée en 1869,

Vu en date du 24 novembre 1877 l'avis du Conseil d'Hygiène de l'arrondissement de Saint-Girons,

Vu l'ordonnance du 18 juin 1823,

Considérant que l'établissement de Bédeille est exploité depuis longtemps sans que le propriétaire ait pu justifier d'une autorisation du Gouvernement à cet effet,

Qu'il importe de régulariser cette situation, considérant que l'analyse des eaux effectuée en 1869 ne laisse aucun doute sur leur efficacité médicale, que ces eaux sont en outre parfaitement captées, sommes d'avis :

Que le sieur Grand Michel, soit autorisé à exploiter et à livrer au public, pour l'usage médical, les eaux des trois griffons constituant la source qui alimente l'établissement de bains situé dans cette commune. »

Mais la réponse tarde à venir et le Préfet doit écrire à nouveau le 19 septembre 1878.

Le 3 octobre 1878 le Ministre communique au Préfet qu'il convient d'attendre car la « Compagnie Savante » — en l'espèce l'Académie de Médecine — ne lui a pas encore remis le résultat de sa délibération sur la source. Enfin, le 7 mai 1879 parvient la réponse officielle et, semble-t-il, définitive : la demande est rejetée. Les résultats de l'analyse des eaux de Bédeille ne permettent pas de les ranger parmi les eaux minérales agréées. Le Préfet devra notifier cet arrêté à Grand Michel et le Maire veiller à son application.

Découragé, le propriétaire ferme son établissement thermal et le vend au sieur Faur Joseph. Les années passent et seuls quelques rares curistes viennent demander aux eaux vertueuses un soulagement à leurs maux. La déclaration annuelle faite le 23 février 1899 à la Préfecture de l'Ariège par Faur Joseph nous donne une idée de ce qu'était alors l'établissement thermal de Bédeile.

COMMUNE DE BEDEILLE

Canton de Sainte-Croix (Ariège).

Etablissement Thermal de Bédeille.

Nom.	Bain de Bédeille.
Nom de l'exploitant.	FAUR Joseph.
Nom des sources.	
Nature des Eaux.	Eaux salines.
Température.	15 à 20° centigrades.
Débit minute.	16 à 18 litres.
Usage des Eaux.	Bains.
Baignoires.	6.
Piscine.	0.
Prix du bain.	0 fr. 60.
Nombre de malades en 1898.	151.
Bouteilles consommées sur place.	500 environ.
Bouteilles expédiées au dehors.	0.

Bédeille, le 23-2-1899. »

Nous n'avons pas de documents qui puissent nous éclairer sur l'activité de la station entre 1900 et 1910 si ce ne sont quelques déclarations annuelles qui dénotent un léger fléchissement du nombre des baigneurs. Cela provient sans nul doute du rapide développement de la grande concurrente : Ax-les-Thermes. Celle-ci draîne vers elle les rhumatisants de la région grâce au développement des communications ferroviaires qui la rendent désormais plus accessible. Les malades y trouvent confort et distractions; le séjour à Bédeille, aussi efficace soit-il, est vraiment d'une trop morne austérité.

Jusqu'aux environs de 1930, l'établissement thermal appartient à Faur Joseph. Il est, depuis, la propriété de M. Faur Léon qui l'exploite à l'heure actuelle uniquement à l'usage de bains. Une déclaration en date du 30 mars 1933 nous apprend que 81 malades atteints de rhumatismes ou de sciatique ont été traités en 1931. On peut évaluer à une centaine le nombre de baigneurs fidèles chaque saison à la petite station thermale.

Elle pourrait certainement être appelée à un plus grand essor. Mais le village ne possède pas d'hôtel assez important pour recevoir les curistes éventuels.

L'établissement lui-même, avec ses installations plutôt rudimentaires et sa capacité d'accueil limitée, ne se prête qu'imparfaitement à une augmentation sensible de son activité. Les malades, nous l'avons déjà souligné, aiment le confort ou tout au moins certaines commodités qu'ils ne sauraient trouver à Bédeille en l'état actuel des aménagements.

Aussi le recrutement est-il limité aux cantons voisins et il n'est pas rare de voir des baigneurs arriver en auto pour prendre leur bain et retourner chez eux jusqu'au lendemain.

La station thermale de Bédeille, isolée dans ce petit coin d'Ariège où, seuls, les initiés et les convaincus lui rendent de ferventes visites, ne jouit certes pas de la grande notoriété. Difficultés d'accès par des chemins peu engageants et en mauvais état, absence de confort et de distractions aptes à retenir les malades et leurs familles font qu'elle est ignorée du grand public malgré l'indéniable vertu de ses eaux consacrée par d'authentiques et nombreuses guérisons.

Quoi qu'il en soit, dans la ferme conviction que nous avons acquise de l'efficacité du traitement qu'elle offre aux malades, nous sommes heureux de lui rendre en ces modestes travaux l'hommage qu'elle mérite.

CAPTAGE DE LA SOURCE RÉSERVOIR ÉTABLISSEMENT ACTUEL

La source de Bédeille sort des calcaires à miliolites à une altitude de 399 mètres. Les trois naissants qui la composent ont un débit approximatif de trois litres à la minute. Ce débit, assez faible, n'est pas régulier ; les pluies et les sécheresses influent sensiblement sur lui. Le niveau de l'eau demeure toujours à peu près constant dans le réservoir. Les deux moins importants naissants y tombent directement de la roche. Le troisième y est amené au moyen de buses souterraines en ciment qui le captent à une dizaine de mètres au-dessus.

Construit vers 1880 et « creusé de main d'homme dans la roche calcaire compacte », ce réservoir est entièrement bâti en maçonnerie et en pierres. Le fond est cimenté et les côtés le sont aussi jusqu'à une hauteur de 1 m. 50. Il possède en plan la forme d'un trapèze dont les dimensions des bases sont de 2 m. 50 et 3 m. 50 pour une hauteur de 8 mètres. Sa profondeur est de 2 mètres mais l'eau n'en dépasse jamais la moitié et se stabilise à ce niveau : elle occupe donc un volume à peu près constant de 24 mètres cubes pour une capacité totale de 48. La voûte est en maçonnerie. Une ouverture carrée de 0 m. 60 de côté, située à l'une de ses extrémités et recouverte d'une plaque,

permet de pénétrer dans le réservoir. Par un conduit latéral, celui-ci remplit constamment un petit bassin ouvert édifié entre la source et l'établissement. L'alimentation des installations intérieures a été résolue de façon très simple : deux tuyaux souterrains partent du fond du réservoir et rendent possible sa vidange éventuelle. L'un amène l'eau à sa température naturelle et la draîne jusqu'à chacune des baignoires par des canalisations appropriées. L'autre aboutit directement à une chaudière verticale, système « Field », haute de 2 m. 13 et ayant 0 m. 90 de diamètre. Sa capacité est de 700 litres et sa surface de chauffe 8 mètres carrés 90. Eprouvée en date du 13 mai 1929 par le service des Mines de Toulouse elle a été déclarée à la Préfecture de l'Ariège le 15 juillet de la même année et enregistrée sous le numéro 678. Provenant du réservoir l'eau froide arrive par le fond. Celle qui est déjà chaude monte automatiquement et s'échappe par un tuyau fixé à la partie supérieure; grâce à ce dispositif la chaudière est continuellement pleine; son foyer est entretenu au bois ou au charbon. L'eau à 80° s'écoule dans un conduit en fer et est amenée dans les salles de bains. Il ne reste plus qu'à la mélanger à celle qui arrive directement de l'extérieur pour obtenir la température voulue (35° environ). Les salles, au nombre de six, disposées à la suite l'une de l'autre sont carrelées et en très bon état. Leurs dimensions 2 m. 50 de long, 1 m. 70 de large et 2 m. 50 de haut les rendent suffisamment spacieuses. Les deux tuyaux véhiculant respectivement l'eau chaude et l'eau froide les traversent, fixés au mur et superposés. De chacun part une canalisation aboutissant à la baignoire de fonte émaillée où s'effectuera le mélange par le jeu de robinets en bronze.

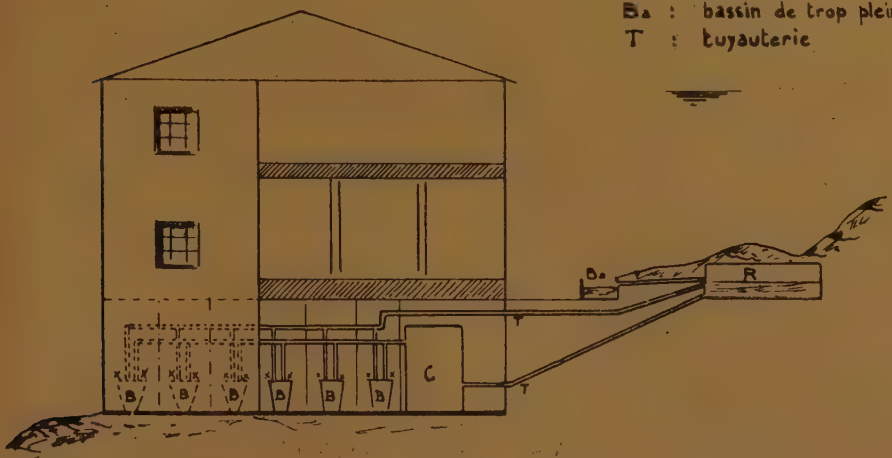
Comme on peut s'en rendre compte, l'établissement thermal de Bédeille a été conçu et réalisé selon une tech-

Coupe de l'Etablissement Thermal et du Réservoir

(selon caduction S.O.)

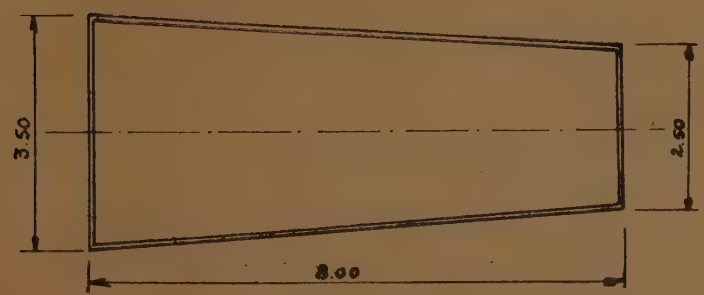
Légende

R : réservoir
C : chaudière
B : baignoires
Ba : bassin de trop plein
T : tuyauterie



Coupe longitudinale

Coupe vue en plan



nique fort simple. Les quelques schémas joints à cette description permettront peut-être de remédier à ce qu'elle peut avoir d'imprécis. Mais tel quel, avec ses imperfections et ses lacunes, il n'en attire pas moins chaque année des curistes convaincus qui viennent lui demander la guérison escomptée dans le calme de ce coin de terre ariégeoise dont nulle vaine agitation ne vient troubler la reposante sérénité.

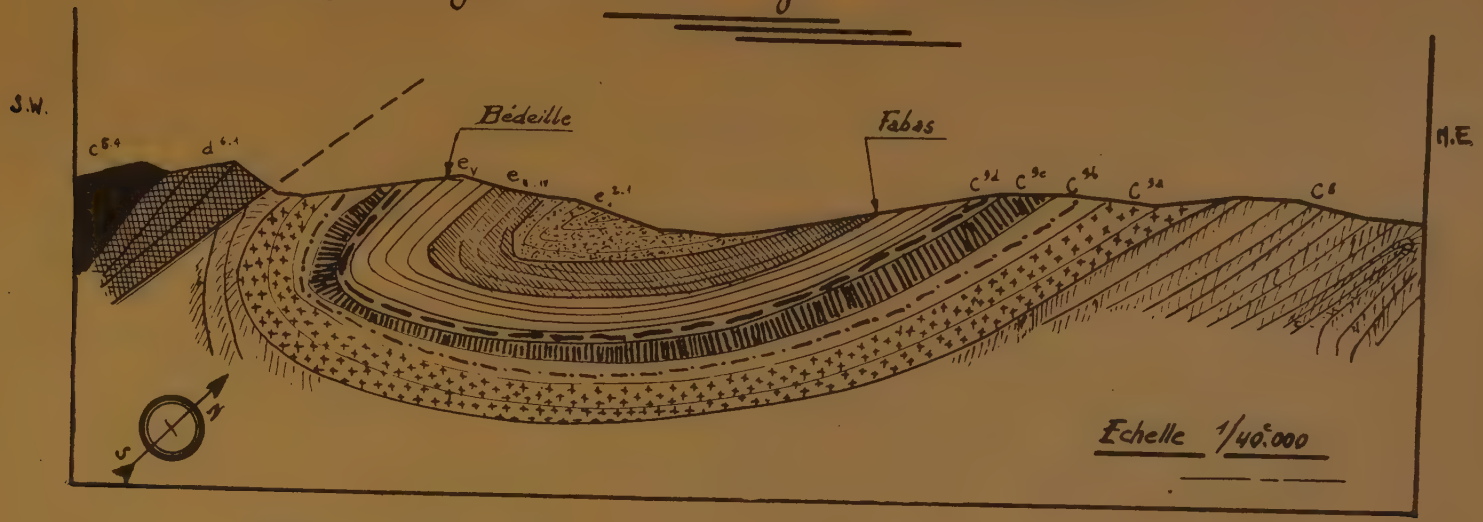
EXPOSE GEOLOGIQUE ET CLIMATOLOGIQUE DE LA RÉGION DE BEDEILLE

A. GEOLOGIE

Avant d'étudier la composition chimique et les constantes physiques de l'eau de la source, il nous semble utile de faire un exposé succinct de la région. L'eau minérale de Bédeille est une eau superficielle (Neptunienne ou Artésienne) qui s'est minéralisée dans sa descente et dans sa remontée à la surface par les failles de la terre. La composition de cette eau, comme nous nous en rendrons compte dans l'étude chimique, est en relation étroite avec la nature des roches qu'elle traverse.

La source sort de la bande de calcaires à miliolites classée dans le terrain nummulitique d'âge thanétien dirigée Est-Ouest et qui fait partie de l'isoclinal de Bédeille qui n'est lui-même que le flanc Sud du synclinal de Fabas. Ces calcaires à miliolites comme ceux du crétacé supérieur sousjacent donnent à l'eau ses carbonates tandis que ses sulfates sont dûs aux amas de trias supérieur ou Keuper qui jalonnent tout le front Nord du décollement pyrénéen et qui passent à cinq cents mètres environ au Sud de la source.

Coupe Géologique de la région de Bédeille



$e_1^{2.1}$ Bartonien Lutétien sup.

$e_{II..IV}$ Lutetien moyen et inf.

e_V Thanétien (calc. à miliolites)

C^{9d} Danien (Marnes à Micraster Cercensis)

C^{9c} " (Calcaire Lithographique)

C^{9d} Danien (Marnes à orbitoïdes gensacica)

C^{9a} " (Calcaire Maastrichtien)

C^8 Sénonien sup.

$C^{5.4}$ Cénomanien

$d^{6.1}$ Dévonien

Pour terminer cette étude sommaire nous croyons bon d'y adjoindre la coupe géologique qui intéresse la région de Bédeille et de Fabas.

B. CLIMATOLOGIE

La région de Bédeille présente des conditions Bioclimatiques moyennes. Cette constatation ressort de l'étude du régime des pluies, de la température, du vent et des caractéristiques de sa végétation.

Bédeille situé dans une zone intermédiaire entre la sècheresse de la plaine de Toulouse et l'humidité des Pyrénées reçoit environ 760 mm. de pluie par an ce qui correspond à un régime d'intensité moyenne.

Les chiffres recueillis nous montrent deux pointes maxima : l'une en avril-mai (95 mm.) l'autre en octobre (67 mm.).

La température moyenne de l'année est de l'ordre de 11°. En effet, l'isotherme passant aux environs de Bédeille est compris entre celui de la région Toulousaine (12°) et celui du front nord des Pyrénées (10°).

Exposée aux vents d'Ouest à effet sporadique sans importance cette région est par contre à l'abri du vent d'autan grâce à la barrière montagneuse qui la protège de son souffle desséchant.

La végétation subméditerranéeene de chêne vert qui la limite au Nord et la végétation montagnarde du Sud caractérisée par le hêtre placent la région dans une situation botanique intermédiaire entre ces deux influences. Toutefois à quelques kilomètres de Bédeille une grosse tache de sapins apparaît; elle semble égarée dans ce coin : c'est la forêt de Sainte-Croix.

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE

Trois prélèvements en flacon stérile ont été effectués aux griffons de la source les 20 octobre 1948, 15 mars 1949, et 30 mai 1949.

Première analyse. — Prélèvement du 20 octobre 1948.

Analyse quantitative : après culture en gélatine et gélose on note un léger voile de « Subtilis » en surface.

Analyse qualitative : Vingt colibacilles au litre. Ces colibacilles sont faiblement indologènes. Pas de germes putrides.

Deuxième analyse. — Prélèvement du 15 mars 1949.

Analyse quantitative : Quatre germes au centimètre cube.

Analyse qualitative : Pas de colibacilles pas de germes putrides.

Troisième analyse. — Prélèvement du 30 mai 1949.

Analyse quantitative : Cinq germes au centimètre cube.

Analyse qualitative : pas de colibacilles, pas de germes putrides.

Ces analyses ont été effectuées à l'Institut d'Hygiène et Bactériologie de la Faculté de Médecine de Toulouse dans le Laboratoire du Professeur ANDRIEU. Elles nous montrent au point de vue bactériologique la pureté de l'eau de Bédeille.

ÉTUDE CHIMIQUE

L'eau de Bédeille que l'on peut classer dans le groupe des sulfatées carbonatées calciques et magnésiennes n'a été analysée qu'une seule fois en 1870, par l'Ingénieur des Mines de Vicdessos (Ariège).

Nous avons jugé bon d'étudier à nouveau sa constitution et pour cela nous avons utilisé les techniques décrites par F. DIÉNERT dans son ouvrage « Eaux douces et eaux minérales ». Nous donnerons de façon sommaire la marche suivie pour arriver aux différents résultats rapportés à la fin du chapitre sous forme de tableau.

Extrait sec à 100° et à 180°.

Nous sommes parti de 500 cc. d'eau que nous avons évaporés au bain-marie dans une capsule de platine préalablement tarée. Le résidu obtenu a été placé 4 heures dans une étuve électrique à 100°. Après pesée ce résidu a été soumis un temps égal à une température de 180°. Nous avons effectué une nouvelle pesée et ramené au litre les deux résultats trouvés :

Extrait sec à 100° : 0,634 g. par litre.
Extrait sec à 180° : 0,601 g. par litre.

Résidu sulfaté.

L'extrait sec obtenu à 180° a été repris par 10 cc. d'acide sulfurique normal puis calciné au four à moufle jusqu'à disparition totale des vapeurs blanches.

Résidu sulfaté : 0,698 g. par litre.

Cendres.

Nous avons évaporé à siccité dans une capsule tarée, 1.000 cc. d'eau; le résidu a été porté à l'étuve à 180° puis calciné demi-heure au four à moufle. Une simple pesée nous a donné le résultat cherché.

Cendres : 0,512 g. par litre.

CO^2 libre - CO^2 demi-combiné et combiné.

Nous avons précipité à la source, par 40 cc. d'eau de Baryte et 10 cc. de solution de Chlorure de Baryum à 10 % le CO^2 libre et les carbonates contenus dans 200 cc. d'eau de Bédeille.

L'excès de liqueur de Baryte non combiné aux carbonates a été titré par une solution à 2 g. 8636 d'acide oxalique par litre dont chaque centimètre cube correspond à 1 mg. de CO^2. Ce premier résultat nous a indiqué la teneur de l'eau en CO^2 libre.

Le précipité de carbonates, filtré, lavé, a été repris par 10 cc. d'acide chlorhydrique N et l'excès d'acide a été dosé en retour par de la soude N

Ce deuxième résultat nous a donné la quantité totale des carbonates et la différence entre les deux dosages nous permet de connaître les valeurs de CO^2 demi combiné et combiné.

CO^2 libre.	0,057 g.
CO^2 demi combiné et combiné. .	0,212 g.

Azote nitreux.

Nous avons effectué la recherche de l'azote nitreux au moyen du réactif de Griess : 50 cc. d'eau ont été additionnés de 2 cc. de ce réactif. Aucune coloration rose ne s'étant produite nous avons conclu à l'absence de nitrites.

Azote nitreux : Néant.

Azote nitrique.

a) Recherche.

Nous avons évaporé à sec 10 cc. d'eau et ajouté au résidu obtenu 1 cc. de réactif sulfophéniqué de Grandval et Lajoux, 5 cc. d'eau et 10 cc. d'ammoniaque au tiers. Une couleur jaune indiquant la présence de nitrates, nous les avons dosés colorimétriquement avec l'appareil de Dubosq.

b) Dosage.

Nous avons préparé une solution étalon de nitrate de potasse correspondant à 50 mmg. d'acide nitrique par litre et pris 10 cc. de cette solution et 10 cc. de l'eau à analyser. Traitées comme plus haut, nous avons obtenu deux solutions jaunes comparées ensuite au colorimètre. Après égalisation des teintes nous avons noté les deux hauteurs H et H' et déduit la quantité de nitrates.

Azote nitrique : 0,0192 g. par litre.

Azote ammoniacal.

Nous avons additionné de magnésie calcinée légère les 500 cc. d'eau de notre prise d'essai et nous avons distillé dans l'appareil de Schloesing.

Le distillat recueilli dans un flacon qui contenait déjà 10 cc. de réactif de Nessler, a présenté une coloration

jaune que nous avons comparée au colorimètre à celle obtenue dans des conditions identiques à partir d'une solution étalon de chlorure d'ammonium.

Azote ammoniacal : 0,0036 g. par litre.

Dosage des sulfates.

Nous avons concentré au bain-marie jusqu'à obtention d'un volume de 100 cc. une prise d'essai de 500 cc. d'eau additionnée de 5 cc. d'acide chlorhydrique. Nous avons alors précipité les sulfates par le chlorure de baryum. Après filtration et lavage du précipité ce dernier a été séché et calciné dans une capsule tarée. Le poids du précipité de sulfate de baryum obtenu multiplié par 0,4116 nous donnait exprimé en SO^4, le poids des sulfates de la prise d'essai. Afin de ramener au litre, nous avons doublé le résultat.

Sulfates en SO^4 : 0,1293 g. par litre.

Dosage des phosphates.

Nous avons évaporé à sec deux litres d'eau en milieu chlorhydrique et nous avons séparé la silice. Le résidu repris par l'acide nitrique au quart, nous a donné un liquide qui, additionné de réactif molybdique et après repos d'une nuit a pris une légère teinte jaune. En l'absence de précipité il nous fut impossible de doser les phosphates; nous n'avons pu que constater leur présence.

Phosphates : Traces.

Recherche de l'acide borique.

Nous avons évaporé 100 cc. d'eau en présence de soude exempte de bore et nous avons calciné puis repris par 10 cc. d'eau distillée et quelques gouttes de ClH le

résidu obtenu. Dans un premier tube à essai, tube témoin, nous avons placé 10 cc. d'eau distillée; dans un deuxième, 10 cc. d'eau distillée et 2 gouttes d'acide chlorhydrique, et dans le troisième les 10 cc. d'eau obtenus précédemment. Dans chaque tube nous avons placé une bande de papier de Curcuma s'enfonçant de 1 cm. dans le liquide. Les trois tubes bouchés au coton ont été portés trois heures à l'étuve. Aucune coloration n'étant apparue dans les trois tubes nous avons conclu à l'absence de bore dans l'eau analysée.

Dosage du Chlore.

Nous avons opéré ce dosage à partir d'un litre d'eau que nous avons ramené à un volume d'environ 100 cc. et les chlorures ont été dosés par la méthode classique de Charpentier Wolhard.

Chlorures en Cl : 0,0234 g. par litre.

Recherche du Brome et de l'Iode.

Deux litres d'eau ayant été évaporés à siccité en présence de magnésie calcinée lourde, nous avons repris le résidu obtenu par 100 cc. d'eau bouillante que nous avons ramenés à environ 30 cc. en les portant au bain-marie. L'iode libéré, de cette solution par l'acide nitreux naissant (0,6 cc. de solution à 5 % de nitrite de soude plus 2 cc. d'acide sulfurique normal) a été caractérisé par 5 gouttes d'eau amidonnée fraîchement préparée donnant une coloration bleue.

Au contact du brome, libéré à son tour par une solution de bichromate de potasse à 10 % additionnée de 1 cc. d'acide sulfurique pur, le papier à la fluorescéine a pris une teinte rose.

Iode. . . . . Traces.
Brome. . . . . Traces.

Alcalinité de l'eau.

Notre prise d'essai de 100 cc. d'eau a été additionnée de 10 cc. d'acide sulfurique décinormal. Après avoir porté 10 minutes à l'ébullition nous avons titré l'excès d'acide sulfurique par de la soude décinormale en présence de Phénol Phtaléine et ramené les résultats au litre.

Alcalinité : 70 cc. $SO^4 H^2$ décinormal par litre.

Alcalinité des cendres.

500 cc. d'eau ayant été évaporés et le résidu ayant été passé demi-heure au four à moufle nous avons, après refroidissement, ajouté 100 cc. d'acide sulfurique décinormal et nous avons opéré comme pour le dosage précédent.

Alcalinité des cendres : 47,2 cc. de $SO^4 H^2$ décinormal.

Matières organiques.

a) *en milieu acide :*

Dans deux Erlenmeyer de 200 cc. nous avons versé respectivement :

100 cc. d'eau, 10 cc. de $SO^4 H^2$ au quart, 10 cc. de $Mn O^4K$ N/80.

50 cc. d'eau, 5 cc. de $SO^4 H^2$ au quart, 10 cc. de $Mn O^4K$ N/80.

Les deux liquides obtenus ont été portés 10 minutes à l'ébullition. Après avoir laissé refroidir, nous avons ajouté 10 cc. de solution de sel de Mohr (Sulfate ferreux ammoniacal). La teinte rose du permanganate ayant disparue, nous avons versé à la burette une solution de permanganate N/80 jusqu'à réapparition de la coloration rose. La différence entre les deux nombres de cc. de per

manganate employés exprime l'oxygène emprunté par 50 cc. d'eau.

Si N et N' sont les deux nombres de cc. employés la formule (N — N')2 nous donne le poids des matières organiques par litre d'eau.

Matières organiques en milieu acide : 1,2 mg. par litre.

b) *En milieu alcalin :*

Nous avons opéré de manière identique, mais au lieu de 10 cc. et 5 cc. de $SO^4 H^2$ au quart nous avons ajouté 10 et 5 cc. de solution saturée de bicarbonate de soude.

Matières organiques en milieu alcalin : 1,2 mg. par litre.

Les matières organiques d'origine animale (urine, matières albumineuses) absorbent plus d'oxygène en milieu alcalin. Celles d'origine végétale (sucres, dextrines) en absorbent davantage en milieu acide. Nos résulta nous permettent de conclure que l'eau de Bédeille contient autant de matière organique d'origine végétale que de matière organique d'origine animale.

Dosages de la Silice, du Fer, de l'Alumine, du Calcium, du Magnésium, du Potassium et du Sodium.

Dosage de la Silice.

500 cc. d'eau en milieu chlorhydrique ont été évaporés dans une capsule de platine tarée. Le résidu humecté d'acide chlorhydrique a été évaporé à nouveau au bain-marie. La capsule est alors passée à l'étuve à 110° pendant une heure, refroidie et pesée. Soit P son poids. Nous reprenons le résidu par l'acide fluorhydrique qui dissout la Silice. Après décantation l'insoluble restant est lavé plu-

sieurs fois à l'eau distillée puis nous replaçons la capsule à l'étuve pendant une heure. P' étant le nouveau poids de la capsule, (P — P') représente le poids de Silice.

Silice : 0,0195 g. par litre.

Dosage du Fer.

Nous avons évaporé à siccité 1 litre d'eau acidifié par l'acide chlorhydrique et repris le résidu par de l'eau acidulée. Le filtrat ainsi obtenu, additionné de 5 cc. d'acide nitrique afin de peroxyder le fer, a été porté 5 minutes à l'ébullition. En alcalinisant par l'ammoniaque, le fer et l'alumine précipitent et le précipité est redissous dans l'acide chlorhydrique. En neutralisant par le carbonate d'ammonium il se forme un précipité que l'on redisout à nouveau. On ajoute du bitartrate de potassium et d'ammoniaque et un courant d'hydrogène sulfuré isole le fer sous forme de sulfure de fer. Après dépôt le précipité redissous dans l'acide nitrique est porté à l'ébullition et l'alcalinisation par l'ammoniaque précipite le fer sous forme d'hydrate. Le précipité est recueilli, lavé, desséché puis calciné dans une capsule préalablement tarée.

Fer en Fe : 0,0014 g. par litre.

Dosage de l'Alumine.

Le liquide filtré lors de l'opération précédente a été additionné de carbonate de soude et évaporé à sec. Nous calcinons légèrement le résidu avec du nitrate de potasse afin de détruire le sulfhydrate d'ammoniaque qui pourrait demeurer. Nous reprenons par de l'eau bouillante acidulée. Un apport d'ammoniaque précipite l'alumine. Nous filtrons et le précipité est recueilli, lavé, séché et pesé.

Alumine en Al : 0,0076 g. par litre.

Dosage du Calcium.

Nous avons concentré, après l'avoir additionné d'acide chlorhydrique, la liqueur filtrée provenant du dosage précédent de l'alumine; le liquide obtenu a été ramené à 300 cc. à l'aide d'eau distillée. Nous en prenons la moitié soit 150 cc., et après avoir ajouté un excès d'ammoniaque nous précipitons le Calcium à l'aide d'Oxalate d'Ammonium. Après douze heures de repos nous obtenons le précipité sur lequel nous effectuons le dosage du Calcium par manganimétrie. Nous ramenons au litre le résultat obtenu.

Calcium en Ca : 0,154 g. par litre.

Dosage du Magnésium.

A la liqueur restant après filtration de l'Oxalate de Calcium et addition d'ammoniaque on a ajouté du Phosphate de soude qui précipite la magnésie sous forme de Phosphates ammoniaco-magnésiens. Le précipité obtenu a été recueilli, lavé, calciné et pesé.

Magnésie : 0,0187 g. par litre.

Dosage du Potassium et du Sodium.

Nous avons complété à 200 cc. avec de l'eau distillée les 150 cc. que nous avions mis de côté lors du dosage du Calcium. Nous en avons fait deux parts : sur l'une nous avons effectué le dosage du Potassium à l'aide du réactif cobaltinitrique; sur l'autre celui du sodium que nous avons précipité par le réactif de Blanchetière, sous forme d'acétate triple de magnésium, d'uranium et de sodium.

Potassium. . . . . 0,0083 g. par litre.

Sodium. . . . . 0,0009 g. par litre.

Dosage de l'Arsenic.

Nous avons utilisé la méthode de Cribier basée sur le fait que l'Hydrogène arsénié agit sur le papier au Chlorure mercurique en le faisant virer du jaune au brun suivant la quantité d'arsenic présente. La coloration peu stable est fixée par un bain d'iodure de potassium et peut servir de base à un dosage colorimétrique par comparaison avec une série de papiers traités dans des conditions identiques par des solutions titrées d'arsenic. Nous ne nous attarderons pas sur la description de l'appareil qui nécessite un générateur d'Hydrogène.

Les résultats des deux recherches effectuées sur deux prises d'essai différentes nous ont donné la preuve de l'absence totale d'arsenic.

Détermination du degré hydrotimétrique.

a) *Total :* Dans la fiole hydrotimétrique contenant l'eau minérale, nous versons une liqueur de savon titrée contenue dans la burette hydrotimétrique. Par agitation il se produit une mousse compacte persistant au moins 5 minutes sous une épaisseur de 1 centimètre. Nous lisons directement sur la burette graduée le degré hydrotimétrique de notre eau.

Degré hydrotimétrique total : 34°.

b) *Permanent.* Nous opérons comme précédemment sur l'eau que nous avons au préalable fait bouillir, filtrée et ramenée au voolume initial.

Degré hydrotimétrique permanent : 13°.

Détermination du degré sulfhydrométrique.

Nous avons effectué ce dosage au griffon. 10 cc. de solution d'iode N/10 ont été placés dans un ballon de

500 cc. sur lequel nous avions tracé un trait de jauge correspondant à 510 cc.

Nous avons versé l'eau minérale jusqu'à ce dernier trait. Après un contact de 10 minutes nous avons ajouté 2 g. d'iodure de potassium et avons titré par l'hyposulfite de sodium N/50, en présence d'empois d'amidon, l'iode non combiné.

Degré sulfhydrométrique : 1°,27.

Dosage de l'oxygène dissous.

Ce dosage a été effectué au griffon au moyen d'une pipette à deux robinets permettant d'englober un volume d'eau de 100 cc. à l'abri de l'oxygène de l'air. L'extrémité inférieure de la pipette plonge dans un récipient contenant 10 cc. d'acide sulfurique pur. A l'aide des robinets on introduit dans la pipette 2 cc. de soude puis 5 cc. de solution de sulfate ferreux ammoniacal. Il y a précipitation d'oxyde de fer dont une partie se peroxyde, et cela proportionnellement à la quantité d'oxygène dissous de la prise d'essai. Après 10 minutes de contact on introduit 5 cc. d'acide sulfurique normal qui dissout les oxydes ferrique et ferreux. Le liquide est recueilli dans le récipient contenant l'acide sulfurique et le sulfate ferreux restant est dosé par le permanganate décinormal. Soient n cc. employés. On ajoute 5 cc. de sulfate ferreux ammoniacal et on procède à un nouveau dosage. n' étant le nombre de cc. employés (n' — n) est le nombre de cc. de permanganate décinormal correspondant à l'oxygène dissous. Nous ramenons le résultat au litre.

Oxygène dissous : 0,00638 g. par litre.

ANALYSE SPECTROGRAPHIQUE

L'examen a été pratiqué sur le résidu d'évaporation de 15 litres d'eau minérale par la méthode des spectres d'arc entre 2.250 A et 4.500 A. Nous avons utilisé des graphites purs de Zeiss. Cette analyse nous a confirmé la présence des éléments métalliques fondamentaux déjà isolés et dosés par voie chimique. Cependant nous avons décelé en outre des traces de Plomb et de Strontium dont l'analyse chimique ne nous avait pas montré la présence. Il est possible que d'autres éléments métalliques se trouvent en traces très faibles non décelables par spectographie parce que noyés dans la masse des carbonates et des sulfates qui prédominent dans le résidu de l'eau.

Il aurait été, en effet, utile d'étudier dans les mêmes conditions expérimentales les précipités obtenus successivement au cours des séparations effectuées par les méthodes de chimie analytique courantes.

RÉSULTATS ANALYTIQUES

(en gramme par litre.)

Ions négatifs	
Chlore : Cl.	0,0234
Sulfates : SO^4.	0,1293
Carbonates : CO^3.	0,212
Silice : SiO^2.	0,0195
Nitrates : NO^3.	0,0192
TOTAL. . . .	0,4034

Ions positifs	
Fer : Fe.	0,0014
Alumine : Al.	0,0076
Sels Ammoniacaux : NH^4.	0,0036
Calcium : Ca.	0,154
Magnésium : Mg.	0,0112
Potassium : K.	0,0083
Sodium : Na.	0,0009
TOTAL. . . .	0,1870

Poids des ions négatifs et positifs. . . .	0,5904
CO^2 libre.	0,057
Résidu à 180°.	0,601

Outre ces éléments dosables nous avons décelé :

a) *Par voie chimique* des traces de Brome, Iode, Phosphates.

b) *Par spectrographie* des traces de Plomb et de Strontium.

MESURES PHYSIQUES

Dans ce chapitre nous nous sommes attaché à effectuer la détermination des constantes physiques de l'eau de Bédeille. Les mesures du débit, de la température, de la densité, du pH, de la résistivité et de l'indice de réfraction ont été effectuées selon les techniques habituelles.

Nous avons complété l'étude physique par la détermination de la radioactivité et pour cette mesure nous avons employé l'électromètre bifilaire de Wulf, plus précis que l'électroscope à feuille d'or généralement utilisé.

Débit. — En 1869 l'ingénieur des Mines de Vicdessos évalue approximativement à 15 litres minute le débit de la source. Ce résultat est bien éloigné du débit actuel, puisque les déterminations successives effectuées au cours des différentes périodes de l'année nous donnent les chiffres suivants :

Novembre.	2,64	l/minute.
Janvier.	2,78	—
Mars.	3,08	—
Avril.	3,26	—
Juillet.	2,78	—
Octobre.	2,89	—

En prenant la moyenne de ces six résultats (2 l./minute 90) nous pouvons fixer le débit moyen de la source :

Débit moyen par 24 heures : $2{,}90 \times 1.440 = 4.200$ l.

Température. — La température de l'eau de Bédeille varie légèrement au cours des différentes saisons de l'année. Les mesures effectuées la situent entre 9° 2/10 et 12° 4/10 qui sont les deux chiffres extrêmes que nous ayons notés. La température la plus faible a été relevée en janvier et la plus élevée en juillet.

Densité. — Nous avons effectué cette mesure à l'aide de la méthode du flacon. Nous avons trouvé une densité de 1,0017. Ce résultat est resté toujours constant au cours des différentes mesures.

pH. — La détermination du pH faite primitivement avec le « Pehamètre Hellige à coin coloré » nous a donné une valeur approximative de 6,9.

Pour avoir le résultat d'une manière plus précise nous avons opéré au moyen de l'électrode de verre. Notre mesure colorimétrique s'est trouvée confirmée : la moyenne des différentes déterminations électrométriques se situant à 6,94.

Résistivité électrique.

On sait que pour tous les électrolytes la résistivité diminue quand la concentration augmente; par suite la résistivité d'une eau minérale fournit des renseignements d'un grand intérêt sur sa minéralisation à laquelle elle est directement liée.

La mesure de la résistivité d'une eau minérale ne présente pas de difficultés particulières. Il suffit d'utiliser un pont de Wheatstone alimenté en courant alternatif de fréquence assez grande pour que la polarisation des électrodes soit nulle; on remplace alors le galvanomètre par un écouteur téléphonique qui devient silencieux lorsque l'équilibre du pont est établi, et qui fait entendre un son

dès qu'il est traversé par un courant alternatif dont l'intensité est de l'ordre de 10^{-7} à 10^{-8} ampères.

Par ailleurs comme la résistivité des solutions d'électrolytes varie beaucoup avec la température il est nécessaire d'opérer à une température constante et exactement connue. Nos mesures ont été effectuées à 18° C, température adoptée par les différents expérimentateurs.

Nous nous sommes servi d'une cuve dont les électrodes avaient été au préalable platinées par électrolyse d'une solution de Chlorure de Platine. Le coefficient de cette cuve, déterminé avant chaque mesure au moyen d'une solution de KCl N/50 de résistivité connue s'est montré très constant et égal à 7,41.

Nous avons pu ainsi calculer la résistivité de l'eau de Bédeille à partir de la résistance trouvée lorsque l'équilibre du pont était réalisé.

Résultats.

Nous avons trouvé sur des échantillons d'eau de Bédeille prélevés à diverses époques de l'année des résistivités toujours très voisines et dont la valeur moyenne est de 1246 ohms à 18° centigrade.

Indice de réfraction.

L'indice de réfraction d'une eau constitue une donnée intéressante pour apprécier la minéralisation de cette dernière. Cependant pour que cet indice ait une valeur significative il faut pouvoir le déterminer avec une grande précision ce qui implique l'utilisation d'un instrument sensible et la connaissance exacte de la température qui doit

être maintenue rigoureusement constante pendant la mesure.

Nous avons déterminé l'indice de réfraction de l'eau de Bédeille par la méthode de l'angle limite; entre deux milieux d'indice n inconnu et N connu, la loi de la réfraction est $n \sin i = N \sin r$, N étant supérieur à n; lorsque i varie de 0 à $\frac{\pi}{2}$ l'angle r varie de 0 à l'angle limite λ donné par la relation

$$n = N \sin \lambda$$

La mesure de λ permet donc d'évaluer n, N étant connu.

Nous avons employé le réfractomètre d'Abbe avec lequel l'angle limite est déterminé par réflexion totale. Cet appareil permet d'opérer très commodément en lumière blanche grâce à un compensateur et d'obtenir la quatrième décimale avec quelques gouttes de liquide.

Résultats.

Mesuré à 18° C, sur plusieurs échantillons prélevés à des dates différentes, l'indice de réfraction de l'eau de Bédeille n'a montré que de très faibles variations (1 à 2 unités de la quatrième décimale). La valeur moyenne est de 1,3335.

RADIOACTIVITÉ

Les radioéléments et leurs produits de transformation se trouvent disséminés un peu partout; il n'est donc pas étonnant de constater la radioactivité des eaux naturelles.

En circulant dans le sous-sol, en lessivant les roches, les eaux superficielles comme les eaux profondes entrainent, soit en dissolution, soit en suspension, une certaine quantité généralement très faible d'éléments radioactifs.

Les eaux minérales peuvent posséder une radioactivité permanente le plus souvent très faible ou nulle due aux composés du radium et du thorium en dissolution ou en suspension dans cette eau, et une radioactivité temporaire beaucoup plus importante que la précédente due essentiellement au radon dissous.

Ces deux modes d'activation naturelle ne paraissent avoir aucune relation avec les autres données caractérisant une eau; cependant l'observation régulière de la radioactivité peut donner une indication aussi intéressante que celle de la température ou de la conductibilité.

Pour déterminer la radioactivité de l'eau de Bédeille nous avons utilisé la méthode électroscopique. C'est une méthode de mesure à potentiel variable ou à champ variable suivant la désignation de Laborde : le gaz ou l'air, en présence de matières radioactives est ionisé sous l'action des particules α ou β et du rayonnement γ émis par ces

substances. Si cet air ionisé se trouve dans une chambre formant condensateur, l'enveloppe extérieure étant au potentiel zéro du sol, et une électrode centrale isolée étant portée à un potentiel de l'ordre de 300 volts, il se produira un déplacement des ions de charge électrique égale mais de signes contraires; il se formera un courant d'ionisation. L'intensité de ce courant sera proportionnelle à la quantité de substance radioactive et pourra en permettre l'évaluation.

Nos mesures ont été effectuées à l'aide d'une chambre d'ionisation montée sur un électromètre bifilaire de Wulf. L'ensemble présente une sensibilité et une précision supérieures à celles des classiques électromètres à feuilles d'or.

Description de l'appareil.

La chambre d'ionisation de Wulf est constituée par un cylindre de 12 cm. de diamètre et de 10 cm. de hauteur à paroi épaisse. Une tubulure disposée dans le fond de la chambre permet de l'adapter sur l'électromètre.

Une tige de déperdition placée à l'intérieur traverse le fond de la chambre. Elle est fixée sur ce fond au moyen d'un isolateur en ambre scellé de façon à tenir le vide. Le contact de la tige de déperdition avec l'équipage de l'électromètre est assuré par une petite tige élastique.

La chambre d'ionisation est fermée par un couvercle vissé sur une bride de grande largeur. Une rondelle de caoutchouc assure l'étanchéité du joint et permet de faire le vide.

La capacité totale, l'appareil étant monté sur l'électromètre bifilaire, est d'environ 6×10^{-12} farads.

L'électromètre bifilaire de Wulf possède un équipage

mobile constitué par deux fils à la Wollaston de 2 μ de diamètre, placés côte à côte et maintenus tendus par une boucle en fil de quartz formant ressort. Deux armatures reliées à la cage maintiennent les fils dans le champ d'un microscope de grossissement 60 dont l'oculaire est muni d'une échelle micrométrique dont l'origine est au milieu et qui comprend 80 divisions de chaque côté du zéro .

Un conducteur auxiliaire entoure l'équipage et est normalement relié à la cage qui est à la terre. Ce conducteur peut être chargé de l'extérieur et permet d'étendre l'intervalle de fonctionnement d'une quantité égale à la tension de polarisation.

Les constantes de l'appareil sont les suivantes :

Capacité de l'équipage mobile, sonde comprise :

$3{,}5 \times 10^{-12}$ farads.

Sensibilité maximum à la tension par division de la graduation : 3 volts.

Sensibilité à la charge par division de la graduation :

1×10^{-11} coulombs.

Pour simplifier les calculs et éviter de nombreuses corrections nous avons opéré le plus simplement possible en comparant la radioactivité de l'eau de Bédeille à celle d'une solution étalon contenant $4{,}03 \times 10^{-9}$ g. de radium, l'extraction du radon et son introduction dans la chambre d'ionisation étant réalisées dans des conditions identiques pour l'eau expérimentée et pour la solution étalon.

Nous avons ensuite effectué les corrections nécessaires pour tenir compte du volume de l'échantillon et de sa date de prélèvement. Les résultats sont exprimés en millimicrocuries par litre d'eau à l'émergence.

Résultats.

Pour deux échantillons d'eau de Bédeille nous avons obtenu les résultats suivants :

Premier échantillon prélevé le 29 mai 1950 à 11 h. 45 : 0,68 millimicrocuries par litre à l'émergence.

Deuxième échantillon prélevé le 29 mai 1950 à 12 h. : 0,66 millimicrocuries par litre à l'émergence.

Bien que douée d'une radioactivité assez faible, l'eau de Bédeille peut cependant être considérée comme nettement radioactive.

ETUDE PHYSIOLOGIQUE

Nous n'avons malheureusement pu disposer pour cette étude expérimentale que de quatre chiens. Nous avons recherché sur eux, par les techniques classiques, les effets de l'eau de Bédeille sur la pression artérielle, le rythme cardiaque, la respiration, la motricité intestinale et l'excitabilité neuro-végétative. Sur deux de ces chiens nous avons en outre essayé de déterminer son action diurétique.

Nos animaux, pris à jeun et préalablement anesthésiés au chloralose pur, à la dose initiale de 0,10 g. par kilo, ont reçu l'eau exclusivement par voie gastro-intestinale, au moyen d'une sonde œsophagienne. La longueur des expériences a presque chaque fois nécessité la réinjection d'une ou deux doses supplémentaires d'anesthésique, et nous n'avons pas tenu compte des modifications consécutives circulatoires et respiratoires, généralement passagères, qui pouvaient à bon droit leur être imputées.

Voici le compte rendu de chacune de nos expériences :

1. Expérience du 24 février 1950. Chien de 12 kilos, chloralosé; assez fortement vagotonique. Pression maxima (carotidienne) : 13 cm. de Hg. Chez cet animal, le réflexe solaire s'accompagne d'une hypotension très brève, mais notable.

L'administration de 100 cc. d'eau de Bédeille prélevée la veille détermine au bout d'une heure un léger fléchis-

sement de la pression (12 cm.) d'ailleurs temporaire; 30 minutes plus tard elle est revenue à sa valeur initiale.

Le débit rénal, enregistré par rhéographie après établissement d'une fistule de l'uretère, n'apparaît pas sensiblement modifié.

Le rythme respiratoire, de 11 par minute, au début de l'expérience, commence à s'accélérer 20 minutes après l'absorption d'eau (14). Il atteint 18 au bout de 40 minutes, 33 au bout d'une heure 30 minutes. Cette polypnée est d'ailleurs passagère, la fréquence se réduisant à 20 au bout de 2 h. 10 pour redevenir à peu près normale vers la fin de l'expérience. Les mouvements de l'intestin grêle (jejunum) apparaissent, au bout d'une heure, considérablement affaiblis; ils le resteront jusqu'au bout.

Quatre heures après l'ingestion d'eau de Bédeille le réflexe oculo-cardiaque provoque, durant quatre minutes, de grandes oscillations de pression au cours desquelles la maxima s'élève de 1,5 cm. de Hg. Ces modifications circulatoires s'accompagnent d'un renforcement considérable des mouvements propres de l'intestin (qui s'étaient beaucoup affaiblis) sans élévation sensible du tonus (fig. 2).

2. Expérience du 19 mars 1950. — Chien de 9 kilos, chloralosé, assez vagotonique et hypotendu (pression maxima : 10 cm. de Hg.). Absorbe à 11 h. 10, 100 cc. d'eau de Bédeille, prélevée la veille. La pression s'élève lentement, atteint à 12 h. 11 cm. et une heure et demie plus tard 12,8 cm. de Hg. Elle redescend ensuite à 12 cm. et s'y maintient. Le rythme cardiaque, de 104 avant l'ingestion d'eau, augmente de fréquence au bout de 40 minutes pour atteindre 124 au moment où la pression est la plus élevée. Il se ralentit ensuite considérablement (78 à 14 h. 10).

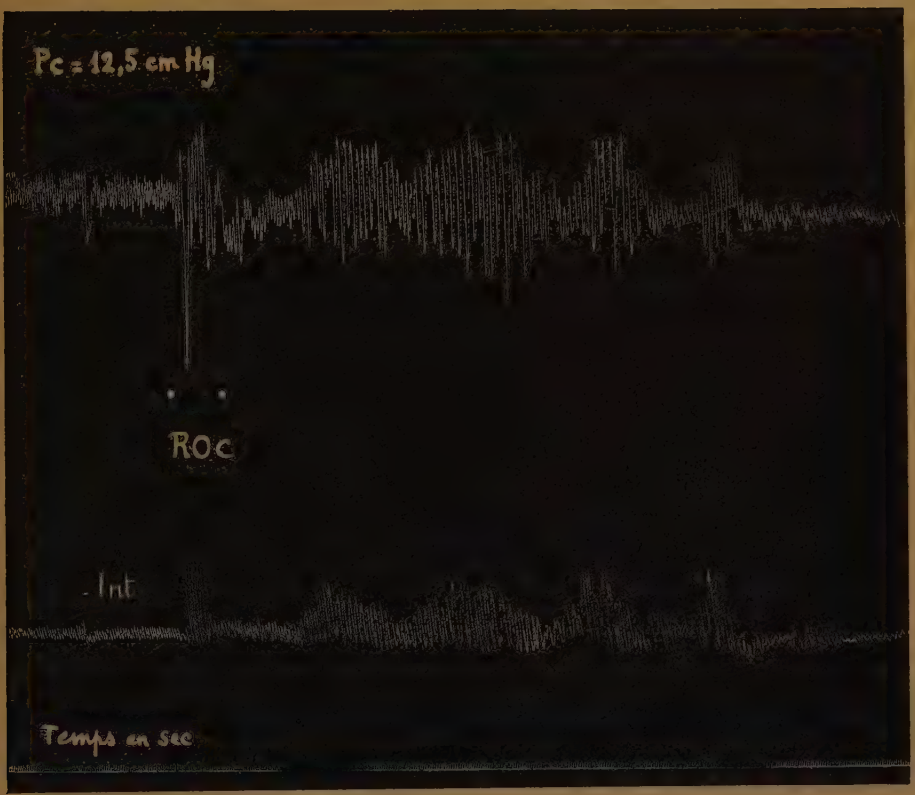


Fig. 2. — Chien de 12 kg., chloralosé, vagotonique. De haut en bas, tracés de la pression carotidienne et des mouvements intestinaux (jejunum); temps en secondes. Effets prolongés (4 min.) du réflexe oculo-cardiaque, quatre heures après l'absorption de 100 cc. d'eau de Bédeille : ralentissement du rythme, fortes oscillations de pression, augmentation considérable de la motricité intestinale.

Le réflexe oculo-cardiaque apparaît nettement augmenté, ainsi que la pression différentielle, à 11 h. 35 (soit 25 minutes après l'ingestion d'eau de Bédeille). Par contre il se montre très affaibli à 12 h. 10 et à 14 heures (soit 2 h. 50 après) alors que la pression maxima s'est élevée, la différentielle réduite et le pouls accéléré. A partir de 14 heures celui-ci se ralentit; la pression s'est stabilisée vers 12 cm.

Les mouvements du grêle (jejunum) n'apparaissent nettement augmentés (sans élévation du tonus) qu'à partir de 13 h. 20; cet effet ne persiste guère qu'une vingtaine de minutes.

Le nombre des mouvements respiratoires, de 10 par minute au début de l'expérience, passe à 17 à 11 h. 35, à 31 à 12 heures; leur amplitude augmente, passagèrement mais fortement, peu après la production du réflexe oculo-cardiaque.

3. Expérience du 25 mars 1950. — Chien de 14 kilos, chloralosé. Animal non vagotonique (R. O. C. nul). Pouls, 144; pression carotidienne maxima, 14 cm. L'eau de Bédeille, prélevée huit jours auparavant, est administrée à 11 h. 50 à la dose de 140 cc. (10 cc. par kilo). Elle provoque immédiatement un renforcement notable de la motricité intestinale, sans élévation du tonus. Ce renforcement diminue beaucoup d'intensité au bout de 20 minutes mais persiste, atténué, jusque vers 12 h. 35 (fig. 1).

La pression artérielle fléchit (de 4 cm. de Hg au bout de 20 minutes), se relève ensuite peu à peu jusqu'à son niveau initial qu'elle retrouve à 12 h. 45 (soit au bout de 55 minutes). Le pouls est alors de 120 (— 24); le R. O. C. toujours nul. A 13 heures la pression commence à s'élever;

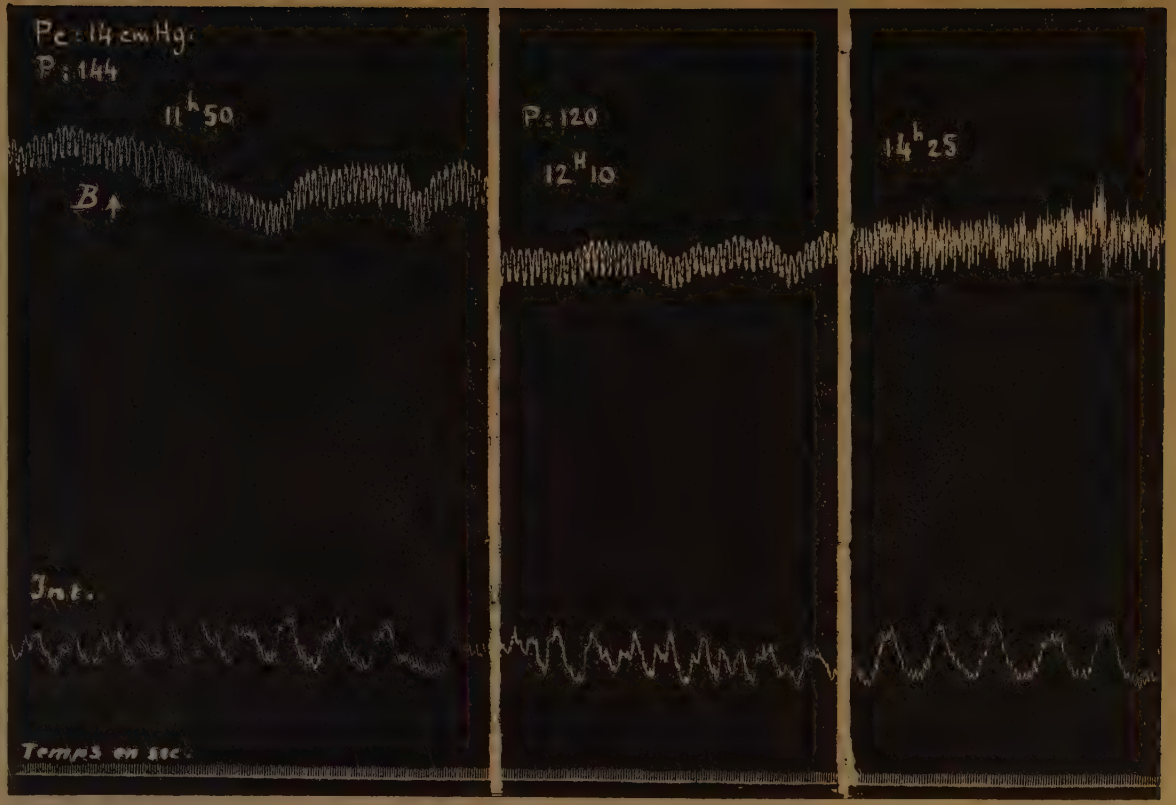


FIG. 1. — Chien de 14 kg., chloralosé. De haut en bas, inscription de la pression carotidienne, des mouvements intestinaux (jejunum) et du temps, en secondes.

En B, ingestion d'eau de Bédeille (10 g. par kg. d'animal). Elle détermine une hypotension transitoire de 3 cm. de mercure, accompagnée d'un ralentissement du pouls; la pression remonte ensuite lentement pour se stabiliser ultérieurement à un niveau voisin de la valeur initiale; les mouvements intestinaux sont amplifiés sans élévation du tonus.

cette élévation atteint 2 cm. de Hg deux heures après l'ingestion d'eau de Bédeille; à ce moment les mouvements intestinaux ont diminué d'amplitude et se retrouvent tels qu'au début de l'expérience.

On administre de nouveau, vers 14 heures (soit à un intervalle de 2 heures à peu près) de l'eau de Bédeille à la même dose que précédemment. Cette ingestion détermine encore un renforcement presque immédiat des mouvements du grêle, toujours sans élévation du tonus et, au bout d'une minute 45 secondes une ascension de la pression maxima avec augmentation considérable de la différentielle. Le réflexe oculo-cardiaque, devenu positif, déclenche comme précédemment mais de façon beaucoup plus intense une longue série de grandes oscillations de pression atteignant 7 cm. de Hg, au cours desquelles la pression maxima s'élève à 20 cm. Il semble bien qu'il y ait eu libération copieuse d'adrénaline, car les oscillations s'accompagnent d'une longue phase d'apnée; mais les mouvements intestinaux n'en restent pas moins amples, comme si l'organe échappait à l'influence de l'hormone.

Le R. O. C. pratiqué encore à 14 h. 20 est cette fois inversé, produisant une hypertension fugace de 2 cm. de Hg.

Par la suite la pression se stabilise à 12 cm. mais les mouvements intestinaux restent renforcés.

4. Expérience du 15 juin 1950. — Chien de 10,5 kilos, chloralosé. Très faiblement vagotonique. Pouls, 158; pression carotidienne maxima 14 cm. de Hg. L'anesthésie détermine chez cet animal une agitation persistante et considérable.

On lui donne à 10 h. 50, par la sonde œsophagienne, 100 cc. d'eau de Bédeille prélevée la veille. Peu après,

l'agitation devient extrême; les secousses musculaires sont assez amples, fréquentes et généralisées, la respiration est accélérée, la pression augmente rapidement de 3,5 cm., la température s'élève à 40°1. Dans un second temps la pression fléchit notablement tandis que l'animal se calme, à 11 h. 20 elle paraît stabilisée à 1,5 cm. au-dessous de sa valeur initiale; à 11 h. 40 le pouls descend à 120, à 12 h. à 100; la pression différentielle s'est fortement accrue.

Le R. O. C. apparaît alors augmenté, mais il provoque aussitôt une phase d'hypertension réactionnelle, s'accompagnant d'assez fortes oscillations, et qui ne se réduit que peu à peu. Le pouls descend à 84. A partir de ce moment (12 h. 10 soit 1 h. 20 après l'ingestion d'eau de Bédeille) les mouvements et le tonus de l'intestin augmentent, à certains moments, de façon considérable; ces phases d'activité intense, marquées par des salves de durée variable (2 à 6 minutes) alternent avec des moments d'atonie relative (fig. 3) et se poursuivent jusqu'à la fin de l'expérience (19 h. 20). A ce moment la pression s'est relevée jusqu'à retrouver son niveau initial, mais le pouls est resté très ralenti (102). L'examen du tracé de la respiration révèle que celle-ci, bien qu'assez variable de rythme et d'ampleur aux différentes phases, n'a à aucun moment été suspendue, même pendant la période des grandes oscillations réactionnelles de pression; elle apparaît au contraire très ample et régulière durant ce temps.

Les observations que nous avons pu faire au cours de ces expériences sont trop peu nombreuses pour que nous soyons autorisé à en tirer des conclusions de caractère définitif. Il nous est en particulier impossible d'affirmer si l'eau de Bédeille affecte véritablement et de façon constante la respiration et la diurèse; de nouvelles expériences s'imposent à ce sujet, que nous nous proposons d'ailleurs

FIG. 3. — Chien de 10,5 kg., chloralosé, ayant absorbé à deux reprises (à 10 h. 50 et à 16 h. 40) 100 cc. d'eau de Bédeille. 2 h. 15 après la seconde ingestion, la pression artérielle s'est à peu près stabilisée, la respiration est régulière. L'intestin présente des phases alternées d'atonie relative et d'augmentation progressive et considérable de ses mouvements ainsi que de son tonus (une de ces dernières dure ici 6 minutes). Au milieu du tracé, apnée de 20 secondes avec son reflet circulatoire.

d'aborder ultérieurement. Cependant, nous pouvons d'ores et déjà dégager de notre étude les indications suivantes :

L'eau de Bédeille, administrée par voie digestive, même à la dose relativement élevée de 10 cc. par kilo d'animal prise en une fois, n'affecte pas considérablement la *pression artérielle*: celle-ci n'est modifiée que lentement et temporairement: elle revient ensuite à sa valeur initiale ou reste faiblement abaissée. Dans l'expérience 2, toutefois, la pression est restée légèrement accrue (12 cm.), chez un chien d'ailleurs hypotendu (10.5 cm.).

Le *rythme cardiaque* est constamment affecté par l'eau de Bédeille: il se réduit, parfois considérablement et d'autant plus semble-t-il qu'il était plus rapide au début; l'effet frénateur est toutefois long à se manifester (une à trois heures); parfois il ne s'établit qu'après une phase d'accélération d'assez longue durée (expérience 2, chien vagotonique).

La *motricité intestinale*, explorée dans la seconde moitié du jejunum, semble différemment influencée par l'eau de Bédeille. Chez nos chiens vagotoniques on note un effet positif, mais tardif et bref (exp. 2) et un effet négatif (affaiblissement progressif des mouvements chez le chien N° 1, dont l'organe reste cependant apte à participer fortement au réflexe oculo-cardiaque, fig. 2). Chez nos chiens très peu ou pas vagotoniques la motricité intestinale est au contraire très augmentée, immédiatement ou au contraire assez tardivement (après plus d'une heure dans l'expérience 4, où les effets obtenus sont puissants et prolongés, fig. 3).

La *réflectivité neuro-végétative*, explorée dans le domaine vagal au moyen de l'épreuve simple et classique du réflexe oculo-cardiaque, apparaît assez régulièrement

modifiée par l'eau de Bédeille. Le R. O. C. est accru, ou devient positif s'il était nul. Ses effets peuvent en être considérablement prolongés (fig. 2). Parfois cependant la réflectivité parasympathique n'apparaît augmentée qu'après une phase transitoire de sympathicotonie où le R. O. C. s'affaiblit ainsi que la pression différentielle, pendant que le pouls s'accélère (expérience 2).

Il ressort donc de notre étude physiologique que l'eau de Bédeille produit sur l'organisme d'un animal supérieur un ensemble de modifications fonctionnelles de caractère favorable, si l'on considère l'application à la thérapeutique, que l'on peut rapprocher de celui que SANTENOISE et ses collaborateurs ont rapporté dans leur étude expérimentale de l'action de l'eau des sources de Vittel (Grande Source et surtout Source Hépar).

CONCLUSION

L'eau qui depuis plus d'un siècle est employée à l'usage de bains dans un petit établissement thermal sis dans la commune de Bédeille (Canton de Sainte-Croix-Volvestre) est une eau carbonatée sulfatée calcique et magnésienne de faible minéralisation (0 g. 601 par litre) que l'on pourrait rapprocher à la fois de celles d'Evian et de Vittel (Grande Source).

De réaction à peu près neutre (pH 6,94) elle sort de trois griffons d'un débit peu abondant, irrégulier, influencé par les pluies et les sécheresses, à une température d'environ 12°. La radioactivité, sans être très élevée, n'est pas négligeable et contribue certainement à conférer à l'eau ses propriétés thérapeutiques.

L'expérimentation physiologique effectuée sur des chiens chloralosés nous permet de dire que l'eau de Bédeille, ingérée à doses moyennes, affecte assez peu la pression artérielle, agit nettement chez certains sujets sur la motricité intestinale et modifie la réflectivité neuro-végétative des animaux d'expérience, dont la vagotonie s'accroît. Elle produit en définitive sur l'organisme un ensemble de modifications fonctionnelles susceptibles d'influencer heureusement l'état de certains malades justiciables de la cure de Vittel.

Nous ne nous sommes pas proposé de démontrer l'action remarquable qu'elle exerce dans le traitement des rhumatismes et des sciatiques, mais les témoignages des médecins de la région sont formels sur ce point. A l'heure actuelle l'eau de la source n'est employée qu'à la balnéation alors qu'autrefois elle était en outre prise en boisson. Nous appuyant sur notre expérimentation physiologique nous croyons bon en terminant de signaler qu'il y aurait tout intérêt à associer les deux traitements.

Le Président de Thèse : BRUSTIER.

Le Doyen : LEFEBVRE.

Vu et permis d'imprimer.

Toulouse, le 27 *juin* 1950.

Le Recteur,

Président du Conseil de l'Université,

DOTTIN.

BIBLIOGRAPHIE

ANGOT. — Etude Climatologique de la France (1918).

Archives de la Préfecture de l'Ariège (Dossier de Bédeille).

BABY (P.). — Guide route du baigneur et du touriste dans l'Ariège.

BARDET (J.). — Recherches Spectrographiques et analytiques sur les eaux minérales françaises.

BRUSTIER (V.) et DUREUIL (E.). — Recherches spectrographiques sur les eaux sulfureuses d'Ax-les-Thermes.

CRIBIER (J.). — Recherche et dosage de l'arsenic. Méthode générale.

DIENERT (F.). — Eaux douces et eaux minérales (1912).

DUHOT (E.). — Les eaux minérales et l'organisme humain (1946).

A. LABORDE. — Méthodes de mesures employées en radioactivité. (Gauthier-Villars, Paris, sans date d'édition).

SANTENOISE, MERKLEM, FRANCK, STANKOFF et VIDACOVITCH. — Recherches sur le mode d'action des eaux sulfatées calciques sur la motricité intestinale. *Acad. Méd.*, 30 juillet 1935; *Paris Médical*, 18 avril 1936.

SANTENOISE et VIDACOVITCH. — Etude expérimentale de l'action de l'eau de Vittel Hépar sur le système organo-végétatif et sur diverses fonctions organiques. *Ann. Méd.*, Vittel, 1935.

TOUPLAIN (F.). — Analyse générale des eaux (1922).

TH. WULF. — Die Fadenelektrometer, Dümmler, éditeur (1933).

QUESTIONS POSEES PAR LA FACULTE :

- Action antibiotique de l'*Auréomycine*.
- Dosage du Bore en hydrologie.
- Isotopes radioactifs.

TABLE DES MATIERES

1. Introduction. 9

2. Historique de la Source. 11

3. Captage de la Source Réservoir. Etablissement actuel. 21

4. Exposé Géologique et Climatologique de la région de Bédeille. 25

5. Analyse Bactériologique. 29

6. Etude Chimique. 31

7. Mesures Physiques. 47

8. Etude Physiologique. 55

9. Conclusions. 67

10. Bibliographie. 69